



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 49 909 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 K 26/00**  
~~H 01 L 21/60~~ E  
~~H 01 R 43/02~~

⑳ Aktenzeichen: 197 49 909.0  
㉔ Anmeldetag: 11. 11. 97  
㉕ Offenlegungstag: 18. 6. 98

**DE 197 49 909 A 1**

⑥⑥ **Innere Priorität:**

196 51 266. 2      10. 12. 96  
196 51 596. 3      11. 12. 96

⑦① **Anmelder:**

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ **Vertreter:**

Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81479  
München

⑦② **Erfinder:**

Azdasht, Ghassem, 14052 Berlin, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Vorrichtung zum Herstellen von Verbindungen zwischen jeweils zwei Kontaktelementen mittels Laserenergie**

⑤⑦ Eine Vorrichtung zum Herstellen einer Mehrzahl von Verbindungen zwischen Kontaktelementen jeweiliger Kontaktelementpaare mittels Laserenergie weist eine Halteranordnung zum Halten einer Mehrzahl von Lichtleitfasern, die jeweilige Lichtleitfaserenden aufweisen, auf. Eine Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung und der Kontaktelementpaare in einer vorbestimmten Stellung zueinander, in der jeweils ein Lichtleitfaserende einem Kontaktelementpaar zugeordnet ist, wobei die Verbindungsflächen der Kontaktelemente des Kontaktelementpaars durch einen von der Lichtleitfaser ausgeübten Druck aneinandergedrückt werden, ist vorgesehen. Ferner weist die Verbindungsvorrichtung eine Einrichtung zum Ausgleichen unterschiedlicher Abstände zwischen den Lichtleitfaserenden und der den Lichtleitfaserenden zugewandten Oberflächen der zugeordneten Kontaktelementpaare, derart, daß die Verbindungsflächen der Kontaktelemente aneinandergedrückt werden, auf.

**DE 197 49 909 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Herstellen einer Mehrzahl von Verbindungen zwischen Kontaktelementen jeweiliger Kontaktelementpaare mittels Laserenergie, wobei die Kontaktelementpaare im wesentlichen in einer Ebene angeordnet sind und die zu verbindenden Flächen der Kontaktelemente im wesentlichen parallel zu dieser Ebene sind.

Die vorliegende Erfindung findet beispielsweise Anwendung zum Herstellen von Kontaktierungen im Bereich der SMD-Technik (SMD = surface mounted device). Ferner ist die vorliegende Erfindung in der TAB-Technologie (TAB = tape automatic bonding = automatisches Filmbonden) zum Bonden innerer und äußerer Anschlußleitungen, dem sogenannten Inner-Lead- und Outer-Lead-Bonden, einsetzbar. Darüberhinaus kann die vorliegende Erfindung auch zum Verbinden von feinen Drähten und Bändchen oder dergleichen verwendet werden.

In der US 4845335 ist eine Vorrichtung zum elektrischen Verbinden von Kontaktelementen beschrieben, bei der sich auf einem TAB-Band befindende Kontakte mit den Kontakten eines integrierten Schaltkreises verbunden werden. Dabei werden die Kontakte auf dem Band in Oberdeckung mit den Kontakten auf dem integrierten Schaltkreis gebracht und nachfolgend mittels Laserstrahlung miteinander verbunden. Um eine gute Reproduzierbarkeit der Verbindungen zu erzielen, muß der Abstand zwischen den zu verbindenden Kontakten minimiert werden. Gemäß einer allgemeinen Regel darf der Abstand nicht größer als ca. 10% der Kontaktelementdicke sein. Mit zunehmender Miniaturisierung werden die Anschlüsse immer kleiner, wobei die Kontaktgeometrien kleinere Abmessungen erhalten, so daß die Erfüllung dieser Anforderungen problematisch wird. Bei der US 4845335 wird zum Andrücken der Kontaktelemente ein Gasstrom verwendet, der mittels einer Düse auf die Kontaktelemente gerichtet wird, wobei dem zur Verbindung verwendete Laserstrahl und der durch die Düse erzeugte Gasstrom koaxial liegen.

Die bekannte Vorrichtung ist jedoch zum Verbinden von Kontaktelementen mittels Laserenergie nicht optimal, da die zur Verfügung stehende Laserenergie nicht optimal in thermische Energie für die Kontaktverbindung umgewandelt wird.

Aus der DE-A-39 41 558 ist eine zum Punktschweißen, Hartlöten oder Löten geeignete Laser-Verbindungsanordnung bekannt. Bei dieser bekannten Vorrichtung wird die Laserenergie mittels einer Lichtleitfaser zu der Verbindungsstelle geleitet. Dabei wird die Lichtleitfaser in einem als Halter dienenden Werkzeug mit Abstand zur Verbindungsstelle gehalten, wobei über das Werkzeug ein Druck auf die Verbindungsstelle, d. h. die zu verbindenden Kontaktelemente, ausgeübt wird.

In der DE-A-19 58 430 ist eine Vorrichtung zum Verbinden von Kontaktelementen mittels eines Laser-Schweißvorgangs beschrieben, die einen Quarzdorn zur Übertragung der Laserenergie zu der Verbindungsstelle verwendet. Der Quarzdorn dient gleichzeitig zur Ausübung eines Drucks auf die Verbindungsstelle.

Ausgehend von dem genannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Herstellen von Verbindungen zwischen Kontaktelementen mittels Laserenergie zu schaffen, die die gleichzeitige Herstellung von mehreren Verbindungen zwischen Kontaktelementen jeweiliger Kontaktelementpaare unter einer guten Ausnutzung und Umwandlung der Laserenergie ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß An-

spruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zum Herstellen einer Mehrzahl von Verbindungen zwischen Kontaktelementen jeweiliger Kontaktelementpaare, die im wesentlichen in einer Ebene angeordnet sind, wobei die zu verbindenden Flächen der Kontaktelemente im wesentlichen parallel zu dieser Ebene sind, mittels Laserenergie. Die Vorrichtung umfaßt eine Halteranordnung zum Halten einer Mehrzahl von Lichtleitfasern, die jeweilige Lichtleitfaserenden aufweisen. Ferner umfaßt die Vorrichtung eine Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung und der Kontaktelementpaare in einer vorbestimmten Stellung zueinander, in der jeweils ein Lichtleitfaserende einem Kontaktelementpaar zugeordnet ist, wobei die Verbindungsflächen der Kontaktelemente des Kontaktelementpaares durch einen von der Lichtleitfaser ausgeübten Druck aneinander gedrückt werden. Eine Einrichtung zum Ausgleichen unterschiedlicher Abstände zwischen den Lichtleitfaserenden und der den Lichtleitfaserenden zugewandten Oberflächen der zugeordneten Kontaktelementpaare ist vorgesehen, so daß die Verbindungsflächen aller zu verbindenden Kontaktelemente aneinander gedrückt werden.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zur elektrischen Verbindung von Kontaktelementen mittels Laserenergie, die die gleichzeitige Herstellung von mehreren Verbindungen, bei denen jeweils zwei Kontaktelemente miteinander verbunden werden, gestattet, und welche auch bei kleinsten Kontaktgeometrien eine schnelle und reproduzierbare Verbindungsherstellung ermöglicht, wobei eine gleichmäßig hohe Qualität der hergestellten Verbindungen und eine gute Ausnutzung und Umwandlung der Laserenergie gegeben sind. Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß eine gute Ausnutzung der Laserenergie erhalten wird, wenn der Druck zum Minimieren des Abstands zwischen den Kontaktelementen direkt durch die Lichtleitfasern, durch die die Laserenergie geleitet wird, auf die Verbindungsstellen, d. h. die Kontaktelemente, ausgeübt wird.

Um beim Herstellen einer Mehrzahl von Verbindungen das Aneinanderdrücken der Verbindungsflächen aller zu verbindenden Kontaktelemente zu gewährleisten, ist gemäß der vorliegenden Erfindung die Einrichtung zum Ausgleichen unterschiedlicher Abstände zwischen den Lichtleitfaserenden und den Oberflächen der zu verbindenden Kontaktelementpaare vorgesehen. Dadurch können gemäß der vorliegenden Erfindung qualitativ hochwertige Verbindungen unter einer guten Ausnutzung der Laserenergie im wesentlichen gleichzeitig hergestellt werden, selbst wenn die den Lichtleitfasern zugewandten Oberflächen der zu verbindenden Kontaktelementpaare nicht genau in einer Ebene liegen.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Einrichtung zum Ausgleichen der unterschiedlichen Abstände zwischen den Lichtleitfaserenden und den denselben zugewandten Oberflächen der Kontaktelementpaare durch eine für die Wellenlänge der verwendeten Laserenergie durchlässige flexible Folie zwischen den Lichtleitfaserenden und den denselben zugewandten Oberflächen der Kontaktelementpaare gebildet. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsbeispielen ist die Ausgleichseinrichtung in die Halteranordnung integriert, indem die Lichtleitfasern federartig in der Halteranordnung befestigt sind.

Durch die Lichtleitfasern der erfindungsgemäßen Verbindungsanordnung, die die Laserstrahlung an die zu verbindenden Stellen leiten, kann die Laserstrahlung optimal in thermische Energie zum Verbinden, d. h. zum Verschweißen oder zum Verlöten, umgewandelt werden, so daß keine unzureichenden Verbindungsstellen aufgrund zu geringer Wärme und ferner keine Überhitzungen auftreten können,

die die Kontakte zerstören könnten. Aufgrund der unmittelbaren Kontaktierung der Lichtleitfaserenden mit einer Oberfläche der zu verbindenden Kontaktelemente beeinflussen möglicherweise am Ende einer Lichtleitfaser auftretende Ablagerungen die Einkopplung der Laserenergie zur Umwandlung derselben in thermische Energie, um die Verbindung herzustellen, nicht in dem Maße, wie dies bei der Aufrechterhaltung eines Abstands zwischen dem Ende einer Lichtleitfaser und der Verbindungssteile der Fall ist. Ferner erhöht sich durch das Aneinanderdrücken der Kontaktelemente, das gemäß der vorliegenden Erfindung auch bei der im wesentlichen gleichzeitigen Herstellung einer Mehrzahl von Verbindungen für alle Verbindungen gewährleistet ist, die thermische Ankopplung, wobei die effektive Kontaktfläche zwischen den jeweiligen Kontaktelementen während der Lötzeit schnell zunimmt, was eine optimale thermische Kopplung zu den zu verbindenden Kontaktelementen zur Folge hat.

Die vorliegende Erfindung ist speziell zum Herstellen von Verbindungen zwischen Anschlußleitungen und Lötanschlußflächen auf einem Substrat oder Chip geeignet. Durch die im wesentlichen gleichzeitige Kontaktierung einer Mehrzahl von Verbindungsstellen sind durch die vorliegende Erfindung sehr kurze Bearbeitungszeiten pro Bauteil möglich.

Die vorliegende Erfindung ist beispielsweise zur Herstellung von Verbindungen zwischen Leiterbahnen eines flexiblen Schaltungsträgers und Kontaktstellen eines Substrats oder eines Chips besonders geeignet. Der flexible Schaltungsträger ist dabei durch eine Folie gebildet, die für die Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung durchlässig ist, wodurch die Laserenergie fast verlustfrei durch die Folie gelangt und erst an der Oberfläche der Anschlußleitung (Lead), die beispielsweise aus Kupfer besteht, absorbiert und in Wärme umgesetzt wird. Durch diese Wärme und durch die Andrückkraft während des Kontaktierungsvorgangs wird eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen Leiterbahnen des flexiblen Schaltungsträgers und Kontaktstellen des Substrats oder Chips hergestellt. Weitere Vorteile bestehen darin, daß die Laserenergie erst unterhalb des flexiblen Folienmaterials, beispielsweise auf einer Kupferleiterbahn, in Wärme umgesetzt wird. Demzufolge gibt es keine Probleme mit dem Wärmeübergangswiderstand und auch keine Probleme mit der Wärmeleitung der Folie. Ferner kommt es nicht zur Zerstörung der Kleberschichten im flexiblen Schaltungsträger durch zu hohe Temperaturen und Drucke.

Die vorliegende Erfindung kann ferner Mittel zum Kopeln der Laserenergie eines Lasers in die Mehrzahl von Lichtleitfasern aufweisen. Ferner können Einrichtungen zum Überwachen des Verbindungsvorgangs zwischen jeweiligen Kontaktelementen vorgesehen sein. Dadurch können mittels einer Steuervorrichtung beispielsweise Verschmutzungen an den Faserendflächen ausgeregelt werden.

Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 und Fig. 2 schematische Darstellungen zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur weiteren Erläuterung der Funktionsweise eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4A bis 5D schematische Darstellungen zur Erläuterung eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 6 eine schematische Querschnittansicht zur Erläuterung eines weiteren Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines weiteren Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer Einkoppelvorrichtung;

Fig. 9 eine Schnittansicht eines Lichtleitfaserbündels, das bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann; und

Fig. 10 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Kontrolle der Temperatur an Verbindungsstellen und somit zum Überwachen des Verbindungsvorgangs.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird nachfolgend ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert. Dabei wird die vorliegende Erfindung am Beispiel des TAB-Verfahrens erklärt, wobei es offensichtlich ist, daß die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auch für andere Verbindungsverfahren geeignet ist.

In Fig. 1 ist eine Laserquelle 10, die eine handelsübliche Laserquelle zum Erzeugen eines Laserlichts mit einer bestimmten Wellenlänge sein kann, dargestellt, deren Strahlung mittels einer Abbildungseinrichtung 12 auf die zugewandte Endfläche 14 eines Lichtleiters 16 fokussiert wird. Der Lichtleiter 16 ist mittels eines Faserkopplers 18 mit einer Vielzahl von einzelnen Lichtleitfasern 20 gekoppelt. Alternativ kann der Lichtleiter 16 aus einem Faserbündel bestehen, wobei in diesem Fall auf die Verwendung eines Faserkopplers 18 verzichtet werden kann.

Ferner ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein Halter, der allgemein mit dem Bezugszeichen 22 bezeichnet ist, vorgesehen, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit einer Mehrzahl von Bohrungen oder Ausnehmungen in demselben versehen ist, durch die jeweils eine einzige Lichtleitfaser 20 hindurchgeführt ist. Der Halter weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine erste und eine zweite Oberfläche auf, die parallel zueinander sind, wobei die Bohrungen mit den eingebetteten Lichtleitfasern 20 senkrecht auf diesen Oberflächen enden. Die Bohrungen in dem Halter sind vorzugsweise entsprechend einer geometrischen Anordnung von Verbindungsstellen, d. h. einem Verbindungsstellenmuster, in dem Halter angeordnet.

Der Halter 22 besteht bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem ersten Halterelement 24 aus einem starren Material, einem zweiten Halterelement 26 aus einem elastischen Material und einem dritten Halterelement 28, das aus einem elastischen oder einem starren Material bestehen kann. Die Bohrungen sind ausgerichtet zueinander durch alle drei Halterelemente 24, 26 und 28 gebildet. Das zweite Halterelement 26 ist auf der der Laserquelle 10 abgewandten Oberfläche 24a an dem ersten Halterelement 24 angebracht. Das dritte Halterelement 28 ist auf der dem ersten Halterelement 24 abgewandten Oberfläche des zweiten Halterelements 26 angebracht. Das dritte Halterelement 28 kann auch als Bügel bezeichnet werden. Die Halterelemente 24, 26 und 28 sind beispielsweise mittels eines Klebers verbunden. Der Bügel 28 dient zur Feinpositionierung der in den Bohrungen angeordneten Lichtleitfasern 20, und insbesondere zur Feinpositionierung der Faserendflächen 30 derselben gemäß dem Verbindungsstellenmuster. Die Höhe des Bügels 28 ist derart gewählt, daß die Faserendflächen 30 zusammen mit der freien Oberfläche des Bügels 28 eine zusammenhängende planare Fläche bilden.

Die Lichtleitfasern 20 sind bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sowohl in dem ersten Halterelement 24 als auch dem dritten Halterelement 28 frei führbar, d. h. nicht

befestigt. Ferner sind die Lichtleitfasern an dem elastischen Halterelement 26 beispielsweise mittels eines Klebers angebracht. Das Halterelement 24 aus einem starren Material kann in Richtung der Pfeile F mit einer Kraft beaufschlagt werden.

In Fig. 1 ist ferner ein Chip oder ein Substrat 32 dargestellt, auf dem eine Mehrzahl von Lötkontaktstellen 34 (Pads, Bumps) angeordnet ist. Auf dem Substrat 32 ist eine TAB-Folie 36 angeordnet, wobei jeweils Anschlußleitungen 38, die an der Folie 36 angebracht sind, mit den Lötkontaktstellen 34 auf dem Substrat 32 in Überdeckung gebracht sind. In Fig. 1 ist optional ferner eine weitere Folienschicht 40 aus einem flexiblen Material über der TAB-Folie 36 angeordnet.

Bei der Darstellung von Fig. 1 ist der Halter 22 noch nicht gegenüber den zu verbindenden Kontaktelementen, d. h. den Lötkontaktstellen 34 und den Anschlußleitungen 38, ausgerichtet und in die Verbindungsstellung gebracht. Zu diesem Zweck ist gemäß der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung (nicht gezeigt) vorgesehen, die eine handelsübliche Positionierungsvorrichtung sein kann, um den Halter 22 und somit die Lichtleitfaserenden 30 in einer vorbestimmten Beziehung zu den zu verbindenden Kontaktelementen zu positionieren. Dabei wird der Halter 22 mit der in den Fig. 1 und 2 unteren Oberfläche derart gegenüber dem Chip 32 ausgerichtet, daß jede Lichtleitfaser 20' mit ihrem Lichtleitfaserende 30 genau gegenüber einer Verbindungsstelle zwischen Lötkontaktstelle 34 und Anschlußleiter 38 positioniert ist. Danach wird der Halter 22 dem Bauteil, d. h. dem Chip 32, soweit genähert, bis die Lichtleitfaserenden 30 mit den Verbindungsstellen in Kontakt kommen, d. h. bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit der flexiblen Folie 40. Dabei wird eine vorbestimmte Bondkraft F auf das erste Halterelement 24 ausgeübt, die über das federartig wirkende zweite Halterelement 26 auf die einzelnen Lichtleitfasern 20' übertragen wird. Somit übt jede einzelne Lichtleitfaser einen vorbestimmten Druck auf die jeweilige Verbindungsstelle zwischen Lötkontaktstelle 34 und Anschlußleiter 38 aus. Dabei wird durch das federartig wirkende zweite Halterelement 26 sichergestellt, daß die Kraft gleichmäßig auf alle Lichtleitfasern 20' übertragen wird, weshalb bei gleichen geometrischen Abmessungen der Lichtleitfaserendflächen 30 gleiche Anpreß- bzw. Bond-Drucke an allen Verbindungsstellen erzeugt werden. Somit ist der Halter 22 in die vorbestimmte Stellung bezüglich des Chips 32 und somit der zu verbindenden Kontaktstellen gebracht.

Nachfolgend wird eine von der Laserquelle 10 erzeugte Laserstrahlung bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch die Abbildungsvorrichtung 12, den Lichtleiter 16 und den Faserkoppler 18 in die einzelnen Lichtleitfasern 20 eingekoppelt. Das Laserlicht kann dabei in einem Dauer-Betrieb oder in einem gepulsten Betrieb erzeugt werden. Das Laserlicht wird von den Lichtleitfasern 20 durch die Bohrungen geleitet und zu den Verbindungsstellen geführt. An den Verbindungsstellen wird das Laserlicht von zumindest einem der zwei Kontaktelemente absorbiert. Die flexiblen Folien 38 und 40 sind dabei für das Laserlicht der verwendeten Wellenlänge transparent. Aufgrund der durch die Absorption entstehenden Wärmeentwicklung, d. h. der Temperatur, und des herrschenden Anpreßdrucks erfolgt die Verbindungsherstellung zwischen den Kontaktelementen. Durch die Bereitstellung einer Mehrzahl von Lichtleitfasern 20, deren Enden 30 bezüglich einer Mehrzahl von zu verbindenden Kontaktelementen ausgerichtet sind, können somit mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung an vielen Verbindungsstellen unter gleichen und reproduzierbaren Bedingungen hinsichtlich des Drucks und der Temperatur Verbindungen von je zwei Kontaktelementen mit reproduzierbarer

Qualität hergestellt werden.

Wie im folgenden insbesondere bezugnehmend auf die Fig. 4A bis 5D ausführlicher beschrieben wird, ermöglicht die vorliegende Erfindung einen Ausgleich unterschiedlicher Höhen der zu verbindenden Kontaktelementenpaare durch die gefederte Halterung der Lichtleitfasern in dem Halter. Bei dem in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird dieser Ausgleich durch das Vorsehen einer optionalen zusätzlichen elastischen Folie 40 unterstützt. Jedoch ist die elastische Folie, sowohl die TAB-Folie 38 als auch die zusätzliche Folie 40, kein erforderliches Merkmal der vorliegenden Erfindung. Wie oben beschrieben wurde, sind die Lichtleitfasern 20' nur an dem zweiten Halterelement 26 aus dem elastischen Material, das beispielsweise aus Schaumstoff bestehen kann, angebracht. Alternativ können die Lichtleitfasern zusätzlich federartig in den Bohrungen des ersten Halterelements 24 angebracht sein, beispielsweise mittels eines elastischen Klebers.

Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Zwischenräume zwischen den Lichtleitfaserenden und der dem Substrat zugewandten Oberfläche des ersten Halterelements 24 mit einem elastischen Material 26 und einem Bügel 28 aufgefüllt. Das elastische Material kann beispielsweise aus einem elastischen Kunststoff bestehen. Dieses elastische Material ist dabei schichtförmig auf die Oberfläche des ersten Halterelements 24 derart aufgebracht, daß zum einen die Lichtleitfasern aus der elastischen Materialschicht herausragen, und zwar alle Lichtleitfasern um dieselbe Länge, und zweitens die Lichtleitfasern innerhalb der Materialschicht vollständig von dem elastischen Material umgeben sind. Dies verbessert die mechanische Stabilität und damit die Lebensdauer der Lichtleitfaserendstücke 20'. Der in den Fig. 1 und 2 dargestellte Bügel 28 ist optional, wobei derselbe bei einem alternativen Ausführungsbeispiel weggelassen sein kann. Der Bügel 28 ist auf die Materialschicht 26 aufgebracht und kann aus demselben Material wie die Materialschicht 26 bestehen. Alternativ kann der Bügel 28 aus einem sehr harten Material bestehen, da dieses dritte Halterelement 28 die Funktion hat, die einzelnen Lichtleitfasern 20' in ihrer Position so zu korrigieren, daß die geometrischen Abstände der Lichtleitfasern sehr genau mit dem Verbindungsstellenmuster auf dem Chip 32 übereinstimmen. Durch die Bohrungen in dem ersten Halterelement 24 und die Anbringung der Lichtleitfasern 20' in dem zweiten Halterelement 26 ist in der Regel nur eine grobe Vorjustage gegeben. Dadurch bedingte Ungenauigkeiten können durch das Aufbringen des Bügels 28, der zur Feinjustage für die Positionen der Lichtleitfasern dient, korrigiert werden. Vorzugsweise weist das Material für den Bügel 28 einen sehr kleinen und isotropen Temperaturexpansionskoeffizienten auf, damit auch beim Kontakt mit einer sehr heißen Oberfläche während des Kontaktierungsvorgangs die genaue Positionierung der Fasern gewährleistet ist. Der Bügel 28 kann in separaten Schritten entsprechend dem Verbindungsstellenmuster strukturiert und/oder geätzt werden, beispielsweise aus einem Siliziumsubstrat. Dadurch sind die geometrischen Abmessungen der Ausnehmungen in dem Bügel 28 entsprechend dem Verbindungsstellenmuster sehr genau herstellbar. Bei üblicherweise verwendeten Lichtleitfasern mit einem zylindrischen Außenmantel werden die Ausnehmungen in dem Bügel 28 vorzugsweise zylindrisch ausgebildet, wobei einerseits die durch eine derartige "Bohrung" geführte Lichtleitfaser sehr genau in der vorbestimmten Lage positioniert wird und andererseits die Faser in der Bohrung noch so viel Spiel hat, daß die Reibung zwischen der zylindrischen Bohrungswand des Bügels und der Faser vergleichsweise gering ist, so daß eine nahezu reibungsfreie Relativbewegung zwi-

schen dem Bügel und den Lichtleitfasern möglich ist. Wie bereits erwähnt, kann der Bügel beispielsweise mittels eines Klebers auf der Oberfläche des zweiten Halterelements 26 befestigt werden. Die Höhe des zweiten Halterelements 26 und des dritten Halterelements 28 wird bevorzugt so gewählt, daß die Gesamthöhe derselben genau mit der Länge der Lichtleitfaserendstücke 20' übereinstimmt, so daß die Faserendflächen 30 in einer planaren Fläche mit der unteren Oberfläche des Bügels 28 liegen.

Das Anordnen der Faserendflächen und der unteren Oberfläche des Bügels 28 in einer planaren Fläche weist mehrere Vorteile auf. So wird beim Kontaktierungsvorgang von Verbindungsstellen durch eine Folie hindurch, wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist, die Folie nicht nur an den Verbindungsstellen angedrückt, sondern auch auf der gesamten Fläche außerhalb der Verbindungsstellen. Dadurch wird gleichzeitig mit der Verbindungsherstellung der Kontaktelemente auch eine Planarisierung der Folienoberfläche bewirkt. Durch den durch die Lichtleitfasern ausgeübten Druck und die Materialverschmelzung der Kontaktelemente tritt an den Verbindungsstellen eine Volumenreduktion auf, was eine Eindellung der Folie an den Verbindungsstellen bewirkt. Diese Eindellungen werden durch das gleichzeitige Andrücken außerhalb der Verbindungsstellen vermindert, wodurch eine weitestgehende Planarisierung erreicht wird.

Der oben beschriebene Effekt wird insbesondere erreicht, wenn als Material für den Bügel ein im Vergleich zu der Folie wesentlich härteres und steiferes Material verwendet wird, wie dies etwa bei einem Siliziumbügel der Fall ist. Entsprechendes gilt für Ausführungsformen, bei denen anstelle der Folie ein anderes Material als Kontaktpartner vorliegt.

Beim Vorliegen der planaren Oberfläche kann gleichzeitig mit dem Ausüben des Drucks auf die Verbindungspartner durch die Lichtleitfasern außerhalb der Verbindungsstellen ein Klebevorgang ausgeführt werden. Somit können in einem einzigen Schritt viele Verbindungen an den Verbindungsstellen hergestellt werden, beispielsweise durch Löten, während gleichzeitig in den anderen Bereichen Klebevorgänge zwischen Materialien, beispielsweise zwischen einer Folie und der darunterliegenden Schichtoberfläche, durchgeführt werden können.

Das beschriebene Ausführungsbeispiel hat zusätzlich den Vorteil, daß durch die Wahl der Materialien für das zweite Halterelement und das dritte Halterelement, insbesondere durch die Wahl des elastischen Materials für das zweite Halterelement, der Druck auf die Flächen außerhalb der Verbindungsstellen in weiten Grenzen einstellbar ist. Ferner ist es vorteilhaft, wenn das Material des Bügels 28 das Laserlicht gut absorbiert oder reflektiert, da dann durch eine Störfall oder durch eine Beschädigung der Faser aus den Lichtleitfasern entwichenes Laserlicht nicht auf die Oberflächenbereiche zwischen den Verbindungsstellen des Bauteils gelangen kann. Somit können in diesen Oberflächenbereichen keine Schädigungen des Bauteils infolge thermischer Überbelastungen durch Laserlicht entstehen. Gleiches gilt für eine zwischen dem Bügel 28 und dem Bauteil angeordnete elastische Folie bzw. unter derselben angeordnete Schichten.

Das Material des Bügels kann abhängig von dem Oberflächenmaterial des Bauteils außerhalb der Verbindungsstellen so ausgewählt werden, daß beim Kontaktierungsvorgang das Bügelmaterial mit dem Oberflächenmaterial des Bauteils keine chemische und/oder physikalische Bindung eingeht. Zu diesem Zweck kann der Bügel auch mit einem entsprechenden Material beschichtet sein. Insbesondere muß eine Benetzung des Bügels durch das Oberflächenmaterial, das beispielsweise ein Lotmaterial sein kann, ausgeschlossen sein, damit eine Reinigung der Kontaktierungsflächen

des Bügels nach dem Kontaktierungsvorgang entfällt.

Gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die auf den Halter beaufschlagte Kraft F fast ausschließlich auf die Endflächen 30 der Lichtleitfasern 20 und nur zu einem vernachlässigbaren Anteil auf die mit den Faserendflächen 30 in einer Ebene liegende Bügeloberfläche weitergeleitet. Dies bewirkt, daß während des Kontaktierungsvorgangs die Lichtleitfasern 20 auf die jeweiligen Kontaktelemente gedrückt sind, während die Bügeloberfläche infolge der Elastizität insbesondere des zweiten Halterelements "zurückweicht". Bei einer vorbestimmten Kraft auf den Halter und einem vorgegebenen Mindestbonddruck, d. h. einem Mindestanpreßdruck einer Lichtleitfaser auf das dazugehörige Kontaktelementpaar, sind umso mehr Verbindungsstellen gleichzeitig herstellbar, je elastischer das zweite und möglicherweise das dritte Halterelement sind.

In Fig. 3 ist ein vergrößerter, nicht maßstäblicher Ausschnitt aus Fig. 2 mit dem ersten Halterelement 24, dem zweiten Halterelement 26 und dem dritten Halterelement 28 sowie einer Folie 42 gezeigt. In Fig. 3 ist veranschaulicht dargestellt, daß bei einer Materialschrumpfung an der Stelle 44, die eine Folge der Verbindung der zwei Kontaktelemente ist, das entsprechende Lichtleitfaserendstück automatisch der Eindellung in der Folie 42 gefolgt ist, wobei der Kontakt zur Folie und somit die Ausübung des Drucks auf die Kontaktelemente aufrechterhalten wird. Somit wird die Bondkraft an einer Verbindungsstelle reproduzierbar aufrechterhalten und ein Austreten von Laserstrahlung verhindert, daß infolge der Erhitzung des umliegenden, absorbierenden Materials zu einer Zerstörung des Chips bzw. Schaltungsträgers führen könnte. Auf diese Art und Weise wird die Koplanarität beim Bonden gewährleistet, insbesondere werden Unebenheiten beispielsweise in der Folie oder ein leicht winkliges Ausrichten des Halters gegenüber der Folienoberfläche ausgeglichen.

Bezugnehmend auf die Fig. 4A bis 5D wird nachfolgend erläutert, wie gemäß der vorliegenden Erfindung Unebenheiten der dem Halter zugewandten Oberflächen von Kontaktelementpaaren ausgeglichen werden. In Fig. 4C ist ein fertiger Halter 122 dargestellt, während die Fig. 4A und 4B Schritte zur Herstellung desselben zeigen. Wie in Fig. 4A gezeigt ist, wird zunächst ein erstes Halterelement 124 aus einem starren Material sowie ein drittes Halterelement 128, das ebenfalls aus einem starren Material besteht, vorgesehen. Die Halterelemente 124 und 126 weisen zueinander ausgerichtete Bohrungen 129 auf. Dazu werden vorzugsweise zunächst die plattenartigen Elemente mit den entsprechenden Bohrungen versehen.

Die Halterelemente 124 und 128 werden beispielsweise in einem geeigneten Träger in der in Fig. 4A gezeigten Art angeordnet. Nachfolgend werden, wie in Fig. 4B gezeigt ist, Lichtleitfasern 20 durch die Bohrungen 129 in dem ersten Halterelement 124 und die Bohrungen 131 in dem dritten Halterelement 128, deren Muster und Durchmesser mit denen der Bohrungen 129 übereinstimmt, geführt. Es ist dabei vorteilhaft, daß der Faserdurchmesser nur geringfügig kleiner ist als die Bohrungsdurchmesser. Die Fasern werden in den Bohrungen nicht befestigt. Nachfolgend wird, wie in Fig. 4C gezeigt ist, der Zwischenraum zwischen dem ersten Halterelement 124, dem dritten Halterelement 128 und den Lichtleitfasern 20 mit einem flexiblen Material 126, beispielsweise einem Kunststoff oder einem Kleber, ausgefüllt. Bei dem bezüglich der Fig. 4A bis 5D beschriebenen Ausführungsbeispiel ragen die Fasern 20 dabei auf der dem flexiblen Material 126 abgewandten Seite des Bügels 128 aus dem Bügel heraus, wie in Fig. 4C zu sehen ist. Die Lichtleitfasern 20 führen andererseits, wie in den Fig. 4B bis 5D nicht dargestellt ist, an dem anderen Ende derselben wie-

derum beispielsweise über diverse optische Führungs- und Abbildungssysteme, wie beispielsweise in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, zu einer Laserquelle.

Fig. 5A entspricht Fig. 4C mit dem Unterschied, daß das Halterelement 124 mit einer Bondkraft F beaufschlagt ist. In Fig. 5B ist ein Substrat 132 mit Verbindungskontaktelementen 134 dargestellt, deren obere Oberflächen nicht planar sind. Zur Verdeutlichung sind in Fig. 5B stark unplanare Oberflächen der Verbindungskontaktelemente 134 dargestellt.

In Fig. 5C ist das Substrat 132 auf einem Träger 134, beispielsweise einem Tisch, angeordnet. Die Halteranordnung 122 ist derart in Beziehung zu dem Substrat 132 angeordnet, daß die Lichtleitfaserenden der Lichtleitfasern 20 jeweils mit den Verbindungskontaktelementen ausgerichtet sind und einen Druck auf dieselben ausüben. Die Verbindungskontaktelemente 134 stellen dabei in den Fig. 5B und 5C jeweils ein Kontaktelementpaar dar. Es ist hierbei nicht erforderlich, eine elastische Folie zwischen den Kontaktelementpaaren und den Lichtleitfaserenden anzuordnen, wobei dies jedoch optional der Fall sein kann, wie etwa beim TAB-Bonden. In der schematischen Darstellung von Fig. 5C ist zu sehen, wie durch das elastische Material 126 und die federartige Fixierung der Lichtleitfasern 20 an dem elastischen Material 126, d. h. die federartige Fixierung der Fasern in der Halteranordnung 122, die Unplanarität der Verbindungskontaktelemente 134 ausgeglichen wird. Wie durch die bauchige Deformation des elastischen Materials 126 verdeutlicht wird, trägt das elastische Material im wesentlichen zu diesem Ausgleich der Unplanarität bei.

In Fig. 5D ist zur Veranschaulichung dieses Ausgleichs die Halteranordnung nach der Kontaktierung nochmals separat dargestellt, wobei offensichtlich ist, daß nach dem Abheben der Halteranordnung 122 von dem Substrat 132 die Fasern in der Halteranordnung wieder die in den Fig. 4C und 5A dargestellten Positionen einnehmen würden. Die Fig. 5D dient lediglich dazu, die Verschiebungsfähigkeit der einzelnen Fasern durch die federartige Anbringung derselben in der Halteranordnung zu verdeutlichen.

In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Halteranordnung, die gleichzeitig eine Ausgleichsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung liefert, dargestellt. Fig. 6 zeigt jedoch nur einen Ausschnitt einer solchen Halteranordnung. Ein Halterelement 200 aus einem starren Material ist mit einer Durchgangsöffnung 202 versehen. Es ist offensichtlich, daß gemäß der vorliegenden Erfindung ein solches Halterelement 200 mit einer Mehrzahl der Durchgangsöffnungen 202 versehen ist, um das federartige Halten einer Mehrzahl von Glasfasern zu ermöglichen. In der Durchgangsöffnung 202 ist ein röhrenförmiges Halterelement 204 aus einem flexiblen Material in der dargestellten Form angeordnet. Das röhrenförmige Halterelement 204 ist dabei mittels eines Flansches 206 und einer Klemmvorrichtung 208, die, wie in Fig. 6 gezeigt ist, beispielsweise durch eine Schraube gebildet sein kann, in der Durchgangsöffnung 202 angebracht. In dem röhrenförmigen Halterelement 204 ist eine Glasfaser 20' angeordnet, die nicht mit dem Halterelement 204 verbunden ist. Die Glasfaser ist durch das Einwirken der Klemmvorrichtung 208 auf das flexible röhrenförmige Halterelement 204 in der Durchgangsöffnung 202 angebracht. Wie dargestellt ist, steht das Glasfaserende 30 der Glasfaser 20' am unteren Ende 210 des röhrenförmigen flexiblen Halterelements 204, das abgeschrägt ausgebildet sein kann, vor. Das Glasfaserende 30 ist dabei das Ende, das beim Durchführen einer Verbindung einen Druck auf das Kontaktelementpaar ausübt.

Im unteren Bereich von Fig. 6 ist eine Schnittansicht entlang der Linie A-A dargestellt. Bei dem dargestellten Aus-

führungsbeispiel sind zwei Fasern 20' und 20" in dem röhrenförmigen flexiblen Halterelement 204 frei geführt. Es ist jedoch offensichtlich, daß es ferner möglich ist, nur eine Faser oder eine andere Anzahl von Fasern pro röhrenförmigem Halterelement zu führen. Die bezugnehmend auf Fig. 6 beschriebene Halter- und Ausgleichs-Einrichtung liefert eine ausreichende Flexibilität, um Unebenheiten der den Glasfasern zugewandten Oberflächen von Kontaktelementpaaren auszugleichen. Dieser Ausgleich findet durch die Flexibilität des röhrenförmigen Halterelements sowie die Flexibilität der Glasfasern selbst statt.

Bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel werden folglich auf dem Substrat vorhandene oder durch Kontaktierung entstandene Unebenheiten durch eine elastische Deformation bzw. eine Durchbiegung der Glasfasern unterhalb der Einspannstelle derselben ausgeglichen. Dadurch wird gewährleistet, daß die zur Kontaktierung verwendete Glasfaser während des Bondprozesses ständig auf die Kontaktstelle gedrückt wird. Dabei werden auch durch die Verringerung des Volumens einer optional verwendeten Folie während des Bondprozesses bedingte Unebenheiten ausgeglichen, die zu einer Verringerung der Bondkraft auf den Kontaktstellen führen können, wenn nicht alle Fasern gleichzeitig an dem Bondprozeß beteiligt sind, wie nachfolgend ausführlicher erläutert wird.

In Fig. 7 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines weiteren Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung dargestellt. Bei dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel sind Glasfasern 20 fest in einer starren Halteranordnung 220 angebracht. Die Halteranordnung 220 kann dabei wiederum eine plattenartige Form mit Durchgangslöchern durch dieselbe aufweisen. In Fig. 7 ist ferner ein Bauteil 222 mit Kontaktflächen 224 dargestellt, die mit Anschlußleitungen 226 auf einem flexiblen Substrat 228 zu verbinden sind.

Um die Verbindung zu realisieren, wird die starre Halteranordnung 220 mit den Glasfasern 20 derart gegenüber den Kontaktelementpaaren 224, 226 angeordnet, daß jeweils Glasfaserenden den Kontaktelementpaaren gegenüberliegen und einen Druck auf dieselben ausüben. Nachfolgend wird Laserenergie durch die Glasfasern 20 und das flexible Substrat 228 auf die Kontaktelementpaare geleitet, so daß durch Umwandlung der Laserenergie in thermische Energie eine Verbindung derselben bewirkt wird. Das flexible Substrat 228 muß dabei für die Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung transparent sein. Bei dem flexiblen Substrat kann es sich beispielsweise um ein Foliensubstrat handeln. Bei diesem Ausführungsbeispiel wirkt das Foliensubstrat ferner als Ausgleichseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, da die Fasern starr in dem Halter 220 befestigt sind.

Bei der derartigen Verwendung einer Folie, um beispielsweise eine Flip-Chip-Kontaktierung durchzuführen, muß die Wellenlänge des verwendeten Laserlichts so auf das Foliensubstrat abgestimmt sein, daß die Folie möglichst wenig Laserlichtenergie absorbiert und somit fast die gesamte Energie zu einem diese Energie absorbierenden Kontaktelement gelangt. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden demnach die Endflächen der Lichtleitfasern, welche von der zweiten Oberfläche des Halters ausgehen, mit der Folie in Kontakt gebracht, derart, daß das die Folie durchdringende Laserlicht genau auf eine darunterliegende Verbindungsstelle trifft. Für viele bekannte Foliensubstraten sind Wellenlängen von ca. 800 nm bis ca. 1.100 nm geeignet, wobei immer leistungsstärkere Diodenlaser in diesem Wellenlängenbereich zur Verfügung stehen.

Zurückkehrend zu Fig. 7 ist bei dem dort dargestellten Ausführungsbeispiel das Faserbündel, das die Lichtleitfasern 20 aufweist, von der Unterseite her in einer entspre-



chenden Halterung fixiert. Die Halterung 220 kann dabei ein feststehender Tisch sein. Nachfolgend werden die Folie 228, oder das flexible Substrat, derart auf den Glasfaserenden angeordnet, daß die Glasfaserenden jeweils den Kontaktelementen der Folie gegenüberliegen. Nachfolgend können beispielsweise mittels einer Pick-And-Place-Vorrichtung Bauteile auf der oberhalb der Glasfaserenden befindlichen, beispielsweise mit Leiterbahnen 226 versehenen Folie positioniert und gegen diese Leiterbahnen und damit gegen die darunter befindlichen Glasfaserendflächen gepreßt werden. Nachfolgend wird wiederum Laserenergie mittels einer entsprechenden Vorrichtung in die einzelnen Glasfasern eingekoppelt, so daß alle auf der Anordnung befindlichen Kontaktstellen in einem Arbeitsgang kontaktiert werden können.

Alternativ zu dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel können auch in diesem Fall die Glasfasern federartig in dem Halter 220 angebracht sein, um beispielsweise den Ausgleich von Unebenheiten zu unterstützen.

Wie in den Fig. 1 und 2 der vorliegenden Anmeldung dargestellt ist, kann das von einem Laser austretende Laserlicht mittels einer Kopplungseinrichtung 18 in die Mehrzahl von einzelnen Lichtleitfasern 20 eingekoppelt werden. Zur Abbildung des vom Laser austretenden Laserlichts auf die einzelnen, dem Laser zugewandten Lichtleitfaserendflächen des Faserbündels kommen vorzugsweise optische oder optisch-mechanische oder elektrooptische Vorrichtungen und Verfahren in Betracht. Vorzugsweise kann dabei eine optische Kollimationsoptik verwendet werden, etwa eine Linse, die durch mechanisches Verschieben und Positionieren in einer Ebene senkrecht zu der Laserstrahlrichtung derart bewegt wird, daß zeitlich nacheinander in jede der einzelnen Lichtleitfasern das Laserlicht eingekoppelt wird. Es handelt sich dabei um ein zeitlich sequentielles Einkopplungsverfahren.

In Fig. 8 ist schematisch eine Laserquelle 10 dargestellt, deren Laserstrahlung 230 mittels einer senkrecht zur Laserstrahlrichtung beweglichen Linse 232 zeitlich nacheinander in jede einzelne Faser 234 eines Lichtleitfaserleiters 236 einkoppelbar ist. Der Lichtleitfaserleiter kann dabei dem in Fig. 1 dargestellten Lichtleiter entsprechen, wobei durch das Vorliegen der einzelnen Fasern 234, die direkt in die Lichtleitfasern 20 übergehen, der Faserkoppler 18 überflüssig ist. Vielmehr ist bei dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel der Koppler bereits oberhalb des Lichtleiters 16, Fig. 1, angeordnet.

Alternativ zu dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung das Laserlicht auf den gesamten Querschnitt der Endfläche des Faserbündels abgebildet und somit gleichzeitig in alle einzelnen Lichtleitfasern eingekoppelt werden. Um dabei den Einkopplungswirkungsgrad zu steigern ist es vorteilhaft, die einzelnen Lichtleitfasern des Bündels räumlich möglichst nahe beieinander anzuordnen und/oder zusammenzuspleißen, um letztendlich den Anteil der Fläche, auf die zwar ein Laserlicht abgebildet wird, die jedoch nicht zur Einkopplung in eine der Lichtleitfasern beiträgt, zu vermindern. Dabei kann das Laserlicht mittels einer Kollimationsoptik gleichzeitig, d. h. optisch parallel, auf die einkopplungsfähige Endfläche jeder der Lichtleitfasern abgebildet werden. Da dabei eine Abbildung auf nicht-einkopplungsfähige Flächen unterbleibt, wird ein hoher Kopplungswirkungsgrad erreicht.

Eine Draufsicht auf einen Abschnitt der Endfläche eines derart geeigneten Faserbündels 240 ist in Fig. 9 dargestellt. Das Faserbündel 240 weist eine Mehrzahl von Lichtleitfasern 242 auf, wobei in dem Ausschnitt von Fig. 9 32 Lichtleitfasern 242 gezeigt sind. Die Lichtleitfasern sind jeweils mit einer Kupferummantelung 244 versehen, wobei sowohl

der Außendurchmesser der Lichtleitfasern 242 als auch die Dicke der Kupferschicht 244 auf diesen Fasern sehr genau bekannt ist. Die einzelnen Fasern 242 sind über die Kupferbeschichtungen 244 fest aneinander gelötet. Daraus resultiert eine starre Verbindung aller Lichtleitfasern, die äußerst unempfindlich gegenüber mechanischen Erschütterungen ist. Zudem sind die geometrischen Abmessungen und Positionen jeder einzelnen Faser 242 sehr genau festgelegt und bekannt. Durch die feste Lötverbindung der Fasern untereinander sind diese Faserpositionen auch langzeitstabil, was letztlich zu sehr definierten und guten Laserlichteinkopplungen führt.

Wie in Fig. 9 dargestellt ist, kann die Stabilität der Faseranordnung durch ein eingebrachtes Verbindungsmaterial 246 gesteigert sein. Durch die Kupferummantelung 244 wird ferner bei einer Fehlabbildung des Laserlichts, beispielsweise auf den Rand der Faser, die dort entstehende Wärme schnell abgeleitet. Die überschüssige Wärme ist bereits in einem Abstand von ca. 10 cm von der Endfläche an die Umgebung abgeführt. Durch diese Wärmeableitung ist eine Beschädigung der Faseranordnung im Bereich der Endfläche durch "fehlgeleitetes" Laserlicht verhindert. Die von Natur aus geringe Lichtabsorption, ca. 4%, von Kupfer kann durch Polieren der Kupferaußenfläche noch weiter verringert werden. Ferner ist Kupfer ein sehr robustes Material, wobei die starre Fixierung aller Lichtleitfasern ein schnelles Reinigen und Polieren der Endfläche der Faseranordnung ermöglicht. Somit können sehr glatte Faserendflächen erhalten werden, was zu einer weiteren Steigerung der Lichteinkopplung führt.

In Fig. 10 ist eine Vorrichtung dargestellt, die zur Überwachung des Verbindungsvorgangs zwischen je zwei Kontaktelementen verwendet werden kann. Für eine derartige Überwachung spielt die Temperatur eine herausragende Rolle, da sich mit der Änderung der Temperatur das Absorptionsverhalten der Kontaktflächen ändert. Die Absorption ist eine materialspezifische Größe, die im allgemeinen von der Wellenlänge und der Intensität des Laserlichts sowie der Temperatur T abhängt, wobei mögliche Verluste durch Reflexion und Transmission bestimmt werden können. Bei der in Fig. 10 dargestellten Vorrichtung, die zum Überwachen der mittels der erfindungsgemäßen Verbindungsvorrichtung erstellten Verbindungen verwendet werden kann, wird die Temperatur bzw. das Absorptionsverhalten über die von den Kontaktelementen reflektierte Infrarot-Laserstrahlung erfaßt.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, und oben bereits bezugnehmend auf die Fig. 1 und 2 erläutert wurde, wird die von einer Laserquelle erzeugte Laserstrahlung 300 beispielsweise mittels einer Sammellinse 302 in ein Lichtleitfaserbündel 304 abgebildet. Der weitere Verlauf des Lichtleitfaserbündels, das in den Lichtleitfasern endet, die beispielsweise in einer Halteranordnung angebracht sind, ist in Fig. 10 nicht dargestellt.

Beim Verbindungsvorgang wird von den Kontaktelementpaaren Infrarot-Laserstrahlung reflektiert. Diese reflektierte Strahlung ist durch gestrichelte Linien 306 in Fig. 10 dargestellt. Diese reflektierte Strahlung 306 trifft auf einen halbdurchlässigen Spiegel 308, wird von diesem Spiegel reflektiert und gelangt über eine weitere Sammellinse 310 zu einem Infrarot-Detektor 312. Der Infrarot-Detektor ist mit einer Steuervorrichtung 314, beispielsweise einem Computer, verbunden. In der Steuervorrichtung sind vordefinierte Sollkennlinien 318 für den Temperaturverlauf des Lötvorgangs gespeichert, mit denen der erfaßte Temperaturverlauf verglichen wird. Die Steuervorrichtung 314 ist ferner mit der Laserquelle 10 verbunden, so daß die Laserparameter gesteuert werden können. Die Steuervorrichtung 314 kann

an Anschlüssen 320 ferner mit weiteren Sensoren verbunden sein.

Die bezugnehmend auf Fig. 10 beschriebene Vorrichtung ist beispielsweise geeignet, um beispielsweise eine Erhöhung der Absorption an den Faserstimflächen durch eine Verschmutzung derselben auszuregulieren. Ferner kann mittels der genannten Vorrichtung beispielsweise ein Verschleiß am Ende einer der Lichtleitfasern festgestellt werden, woraufhin entsprechende Mängel mittels geeigneter Maßnahmen, beispielsweise durch Schneid- oder Schleif-Werkzeuge, beseitigt werden können.

Bei den weiteren Sensoren, die bei 320 mit der Steuervorrichtung verbunden und zur Prozeßsteuerung bzw. Überwachung vorgesehen sein können, kann es sich beispielsweise um einen Kraft- und eine Weg-Aufnehmer sowie einen Ultraschalldetektor handeln, die Informationen über das Absinken der Kontaktelemente, die Schichtdicke des Lötzinns und den Schmelzvorgang der Lötstelle zu der Steuervorrichtung 314 liefern. Auf der Basis dieser Größen kann eine weitere Steuerung bzw. Regelung des Verbindungsverfahrens erfolgen. Mittels der Steuervorrichtung können ferner unterschiedliche Kontaktierungen auf einem Substrat oder Träger durch Speichern von Kontaktierungsparametern, wie z. B. dem Druck, der Laserenergie, der Pulsbreite oder dergleichen, individuell realisiert werden.

Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung beispielsweise zum Kontaktieren von Gold-Anschlußleitungen auf verzinnte Lötanschlußflächen verwendet, kann beispielsweise ein Neodym-JAG-Laser einer Wellenlänge von 1,06  $\mu\text{m}$  verwendet werden, um das Gold zu erwärmen und an die verzinnten Lötanschlußflächen zu löten. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der Druck zum Zusammendrücken der Kontaktelemente bei empfindlichen Substratmaterialien so weit reduziert werden, daß er nur zur Überwindung der Biegesteifigkeit der Elemente und zur Beseitigung des Spalts zwischen den zu verbindenden Kontaktelementen dient. Es ist dabei auch möglich, abhängig von den vorgewählten Randbedingungen Kontaktierungen auch ohne Löt-kontakthügel direkt auf dem Substrat bzw. dem Halbleiterelement mit einer Lötmetallisierung durchzuführen. Die Lichtleitfasern bestehen vorzugsweise aus einem Quarzmaterial mit einer Schmelztemperatur von ca. 1.880 Kelvin, so daß eine Störung aufgrund einer thermischen Belastung der Fasern nicht auftritt.

Wie bereits erwähnt wurde, muß, wenn eine Folie zwischen den Faserendflächen und den zu verbindenden Kontaktelementen verwendet wird, die Folie für die Wellenlänge der verwendeten Laserenergie durchlässig sein. Trifft das Laserlicht jedoch nach dem Austritt aus einer Lichtleitfaserendfläche direkt auf die Kontaktelemente, ohne vorher eine Folie durchdringen zu müssen, kann die Auswahl der Wellenlänge des Laserlichts flexibler gestaltet werden. In diesem Fall kann bei der Wahl der Laserenergie verstärkt auf eine möglichst hohe Absorption des Laserlichts durch zumindest eines der Kontaktelemente sowie die Handhabbarkeit und Größe der Laserlichtquelle berücksichtigt werden.

Bei alternativen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung können die Lichtleitfasern 20 ebenfalls mit einer Kupferummantelung versehen sein, wobei erhältliche Multimode-Lichtleitfasern typische Außendurchmesser von ca. 200  $\mu\text{m}$  bis 400  $\mu\text{m}$  und eine Kupferschichtdicke von etwa 10  $\mu\text{m}$  bis 40  $\mu\text{m}$  aufweisen. Durch diese Metallisierung werden die Lichtleitfasern mechanisch verstärkt und damit steifer und weniger bruchgefährdet, was insbesondere für die Lichtleitfaserendstücke von wesentlicher Bedeutung ist. Die Kupfermetallisierung der Fasern kann noch durch eine aufgebrachte Nickelschicht verstärkt sein. Dabei kann diese Vernickelung vorzugsweise im Bereich der Lichtleitfaser-

endstücke von der Endfläche bis zum federartigen Fixierungspunkt in dem Halter vorgenommen sein.

Die oben genannte Nickelschicht auf einer verkupferten Faser kann an der Stelle, an der die Faser im Halter federartig fixiert ist, ringförmig um die Faser stärker ausgebildet sein und somit einen Federteller bilden. Das federnde Material der federartigen Fixierung ist dann neben und in Kontakt mit dem Federteller angeordnet und weist die Form eines Kleber- oder eines elastischen Kunststoff-Schlauchs auf, welcher die Faser zumindest in diesem Bereich umschließt. Sobald nun eine Endfläche eines Lichtleitfaserendstücks gegen die Verbindungsstelle gedrückt wird, wird auch der Federteller gegen das federnde Material gedrückt. Tritt nun infolge der Verbindungsherstellung eine lokale Volumenreduktion des Kontaktelementmaterials auf, schiebt das federnde Material über den Federteller das Lichtleitfaserendstück so weit nach, daß die lokale Volumenreduktion ausgeglichen wird, wodurch der Kontakt zwischen der Faserendfläche und der Verbindungsstelle erhalten bleibt.

Bei einem nicht gezeigten alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Faserbündel an einer Seitenfläche des Halters angebracht sein, wobei jedoch darauf zu achten ist, daß infolge notwendiger Krümmungen der Lichtleitfasern im Halter keine oder zumindest keine allzugroßen optischen Verluste auftreten. Ein Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, daß die gesamte erste Oberfläche des Halters für die Beaufschlagung des Halters mit der Bondkraft zur Verfügung steht, was insbesondere bei Haltern mit kleinen geometrischen Abmessungen vorteilhaft ist. Ferner ist diese Ausführungsform für die Kontaktierung von sehr kleinen Chips vorteilhaft, da durch die bei dieser Ausführungsform äußerst gleichmäßige Kraftbeaufschlagung die geforderte Gleichmäßigkeit und Stabilität der Bonddrucke an den Faserendflächen gewährleistet werden kann.

Es ist für Fachleute offensichtlich, daß die Anzahl und die Position der Lichtleitfasern, die von der Halteranordnung gehalten werden, wählbar ist. Zum Beispiel können die Anzahl und die Position der Lichtleitfasern bei einem Ausführungsbeispiel mit der Anzahl und den Positionen der Kontaktelementpaare, d. h. der Verbindungsstellen, übereinstimmen. Jedoch kann auch eine größere Anzahl von Lichtleitfasern vorgesehen sein als Verbindungsstellen vorliegen. In diesem Fall ist eine Einrichtung vorgesehen, die es gestattet, das Laserlicht in denjenigen Lichtleitfasern abzuschalten, die nicht zur Herstellung einer Verbindung verwendet sind. Eine derartige Einrichtung kann auch dort eingesetzt werden, wo zwar eine einer Lichtleitfaser zugeordnete Verbindungsstelle existiert, diese aber nicht erwärmt werden soll. Es können ferner Vorrichtungen vorgesehen sein, die das Ein- und Aus-Schalten des Laserlichts in jeder einzelnen Lichtleitfaser ermöglichen. Auf diese Art und Weise sind mit einer einzigen Halter- und Lichtleitfaser-Anordnung sehr viele verschiedene Verbindungsstellenmuster einfach und schnell einstellbar. Dabei kann das Ein- und Aus-Schalten vorzugsweise über programmierbare Steuerungen und/oder mittels einer Rechnerunterstützung realisiert werden. Das Ein- und Aus-Schalten ist vorzugsweise an der Stelle realisiert, an der das Laserlicht aus der Laserlichtquelle auf die Endfläche eines Faserbündels, das wie oben beschrieben mehrere Lichtleitfasern aufweist, abgebildet wird. Zu einer derartigen Vorrichtung zählt die oben genannte Ablenkeinrichtung, mittels derer das Laserlicht zeitlich nacheinander auf jede der einzelnen Fasern abgebildet und somit in dieselbe eingekoppelt werden kann. Die Ablenkeinrichtung wird dann derart angesteuert, daß die Einkopplung des Laserlichts nur in die gewünschten Lichtleitfasern erfolgt. Das Ein- und Aus-Schalten kann ferner durch Einrichtungen bewirkt werden, die die Absorption des Laserlichts für oder in



einer bestimmten Lichtleitfaser stark ändern.

Bei alternativen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die Zahl der im Halter geführten Lichtleitfasern kleiner sein als die Anzahl der Verbindungsstellen. Auch hier können die oben genannten Einrichtungen zum Ein- und Aus-Schalten des Laserlichts in den einzelnen Fasern eingesetzt werden. Wenn das Verbindungsstellenmuster eine gewisse Ordnung oder Symmetrie aufweist, ist es durch örtliches Verschieben des Halters und die Durchführung mehrerer zeitlich nacheinander ablaufender Kontaktierungsvorgänge möglich, an allen Verbindungsstellen die Kontakte zwischen den Kontaktelementen herzustellen. Eine für ein solches Verfahren besonders geeignete Ordnung der Verbindungsstellen ist beispielsweise gegeben, wenn der Abstand zwischen benachbarten Verbindungsstellen ein Vielfaches eines Mindestabstands ist. Das oben genannte Mehrfach-Kontaktierungsverfahren ist auch dann anwendbar, wenn der Abstand zwischen je zwei benachbarten Verbindungsstellen kleiner ist als der doppelte Außendurchmesser der Lichtleitfasern, deren typischer Außendurchmesser etwa 200 µm bis 400 µm beträgt. In diesem Fall können die Fasern nicht so nahe zueinander angeordnet werden, daß zwei benachbarte Verbindungsstellen gleichzeitig kontaktiert werden können. In diesem Fall werden daher an einem ersten Teil der Verbindungsstellen die Kontakte in einem ersten Kontaktierungsvorgang hergestellt, beispielsweise an jeder zweiten oder übernächsten Verbindungsstelle. Nachfolgend wird der Halter örtlich verschoben und neu ausgerichtet, woraufhin ein zweiter Kontaktierungsvorgang durchgeführt wird. Dies kann wiederholt werden, bis alle gewünschten Kontakte hergestellt sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Halteranordnung für die Lichtleitfasern mittels beliebiger bekannter Positionierungsvorrichtungen in die beschriebene Position bezüglich der Kontaktelementpaare gebracht werden. Es ist jedoch auch möglich, die Halteranordnung starr anzuordnen, wobei Positionierungsvorrichtungen vorgesehen sind, um die beispielsweise auf einem Substrat angeordneten Kontaktelementpaare in die beschriebene Stellung bezüglich der Halteranordnung zu bringen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird durch den mittels der Lichtleitfaserendflächen ausgeübten Druck sowohl ein Spalt zwischen den zu verbindenden Kontaktelementen beseitigt als auch eine bessere Wärmeleitung ermöglicht. Zu diesem Zweck wird der Halter der Lichtleitfasern oder alternativ ein Träger der Kontaktelementpaare mit einer Kraft beaufschlagt, woraufhin das Laserlicht während einer definierten Zeitspanne durch die Lichtleitfasern zu den Verbindungsstellen geleitet wird, um durch Umwandlung der Laserenergie in thermische Energie die Verbindung herzustellen. Nach dem Abschalten der Laserenergie können die Faserenden jeweils so lange in der vorbestimmten Stellung bezüglich der Kontaktelementpaare bleiben, bis die Lötstelle abgekühlt ist. Dadurch kann die Abkühlung beschleunigt werden, was eine höhere Geschwindigkeit des gesamten Lötvorgangs zur Folge hat.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen einer Mehrzahl von Verbindungen zwischen Kontaktelementen (34, 38; 224, 226) jeweiliger Kontaktelementpaare, die im wesentlichen in einer Ebene angeordnet sind, wobei die zu verbindenden Flächen der Kontaktelemente (34, 38; 224, 226) im wesentlichen parallel zu dieser Ebene sind, mittels Laserenergie, mit folgenden Merkmalen: einer Halteranordnung (22; 122; 200, 204; 220) zum Halten einer Mehrzahl von Lichtleitfasern (20) mit je-

weiligen Lichtleitfaserenden (30); einer Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung (22; 122; 200, 204; 220) und der Kontaktelementpaare (34, 38; 224, 226) in einer vorbestimmten Stellung zueinander, in der jeweils ein Lichtleitfaserende (30) einem Kontaktelementpaar zugeordnet ist, wobei die Verbindungsflächen der Kontaktelemente des Kontaktelementpaares durch einen von der Lichtleitfaser (20) ausgeübten Druck aneinander gedrückt werden; und

einer Einrichtung (26; 126; 204; 228) zum Ausgleichen unterschiedlicher Abstände zwischen den Lichtleitfaserenden (30) und der den Lichtleitfaserenden (30) zugewandten Oberflächen der zugeordneten Kontaktelementpaare, derart, daß die Verbindungsflächen der Kontaktelemente aneinander gedrückt werden.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung zum Ausgleichen (26; 126; 204; 228) unterschiedlicher Abstände derart ausgebildet ist, daß die Verbindungsflächen der Kontaktelemente (34, 38; 224, 226) mit einem im wesentlichen identischen Druck aneinander gedrückt werden.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Halteranordnung (220) fest positioniert ist, und bei der die Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung und der Kontaktelementpaare in einer vorbestimmten Stellung zueinander eine Einrichtung zum Positionieren der Kontaktelementpaare ist.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Kontaktelementpaare fest positioniert sind, und bei der die Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung (22; 122; 200, 204) und der Kontaktelementpaare in einer vorbestimmten Stellung zueinander eine Einrichtung zum Positionieren der Halteranordnung ist.

5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Halteranordnung (22; 122; 200, 204; 220) eine Mehrzahl von Durchgangslöchern (129, 131; 202) aufweist, durch die die Mehrzahl von Glasfasern (20) verläuft.

6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Lichtleitfasern (20) starr in der Halteranordnung (220) angebracht sind, und bei der die Einrichtung (228) zum Ausgleichen durch eine für die Wellenlänge der verwendeten Laserenergie durchlässige flexible Folie (228) zwischen den Lichtleitfaserenden und den denselben zugewandten Oberflächen der Kontaktelementpaare gebildet ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Einrichtung (26; 126) zum Ausgleichen durch eine flexible federartige Anbringung der Lichtleitfasern (20) in der Halteranordnung (22; 122) gebildet ist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Halteranordnung (22; 122) ein Halterelement (24; 124) aus einem starren Material mit einer Mehrzahl von Durchgangslöchern (129), die mit den Durchgangslöchern eines flexiblen Bauteils (26; 126), das mit dem Halterelement (24; 124) aus einem starren Material verbunden ist, ausgerichtet sind, wobei die Lichtleitfasern (20) in den Durchgangslöchern angeordnet und mit dem flexiblen Bauelement (26; 126) verbunden sind.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die Lichtleitfaserenden (30) im wesentlichen bündig mit der von dem Halterelement (24; 124) aus dem starren Material abgewandten Oberfläche des flexiblen Bauelements (26; 126) angeordnet sind.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die Halteranordnung (22; 122) ferner einen Haltebügel (28; 128)

mit einer Mehrzahl von Durchgangslöchern (131) aufweist, der mit dem flexiblen Bauelement (26; 126) derart verbunden ist, daß die Durchgangslöcher derselben ausgerichtet zueinander sind, und daß das flexible Bauelement (26; 126) zwischen dem Halterelement (24; 124) aus dem starren Material und dem Haltebügel (28; 128) angeordnet ist, wobei die Lichtleitfasern (20) in den Durchgangslöchern des Haltebügels (28; 128) nicht befestigt sind.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, bei der die Lichtleitfaserenden (30) im wesentlichen bündig mit der dem flexiblen Bauelement (26; 126) abgewandten Oberfläche des Haltebügels (28; 128) enden.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, bei der der Haltebügel (28) aus einem flexiblen Material besteht.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, bei der der Haltebügel (28; 128) aus einem starren Material besteht.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, bei der der Haltebügel (128) aus einem starren Material besteht, wobei die Lichtleitfaserenden aus der dem flexiblen Bauelement (126) abgewandten Oberfläche des Haltebügels (128) vorstehen.

15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 8 bis 14, bei der die Lichtleitfasern (20) in den Durchgangslöchern (129) des Halterelements (24; 124) aus dem starren Material nicht befestigt sind.

16. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 8 bis 14, bei der die Lichtleitfasern (20) in den Durchgangslöchern (129) des Halterelements (24; 124) aus dem starren Material flexibel angebracht sind.

17. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 8 bis 16, bei der die Einrichtung zum Ausgleichen ferner eine für die Wellenlänge der verwendeten Laserenergie durchlässige flexible Folie (36; 40) aufweist, die zwischen den Lichtleitfaserenden (30) und den denselben zugewandten Oberflächen der Kontaktelementpaare angeordnet ist.

18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Halteranordnung ein Halterelement (200) aus einem starren Material aufweist, das eine Mehrzahl von Durchgangslöchern (202) aufweist, in denen jeweils röhrenförmige elastische Faserhalter (204) angebracht sind, die in Richtung der Kontaktelementpaare aus dem Halterelement (200) aus einem starren Material vorstehen, wobei in den röhrenförmigen elastischen Faserhaltern (204) jeweils zumindest eine Lichtleitfaser (20) geführt ist, deren Lichtleitfaserende (30) aus dem den Kontaktelementpaaren zugewandten Ende (210) des röhrenförmigen elastischen Faserhalters (204) vorsteht.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, bei der die röhrenförmigen elastischen Faserhalter (204) mittels Klemmvorrichtungen (208) in den Durchgangslöchern (202) des Halterelements (200) angebracht sind.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

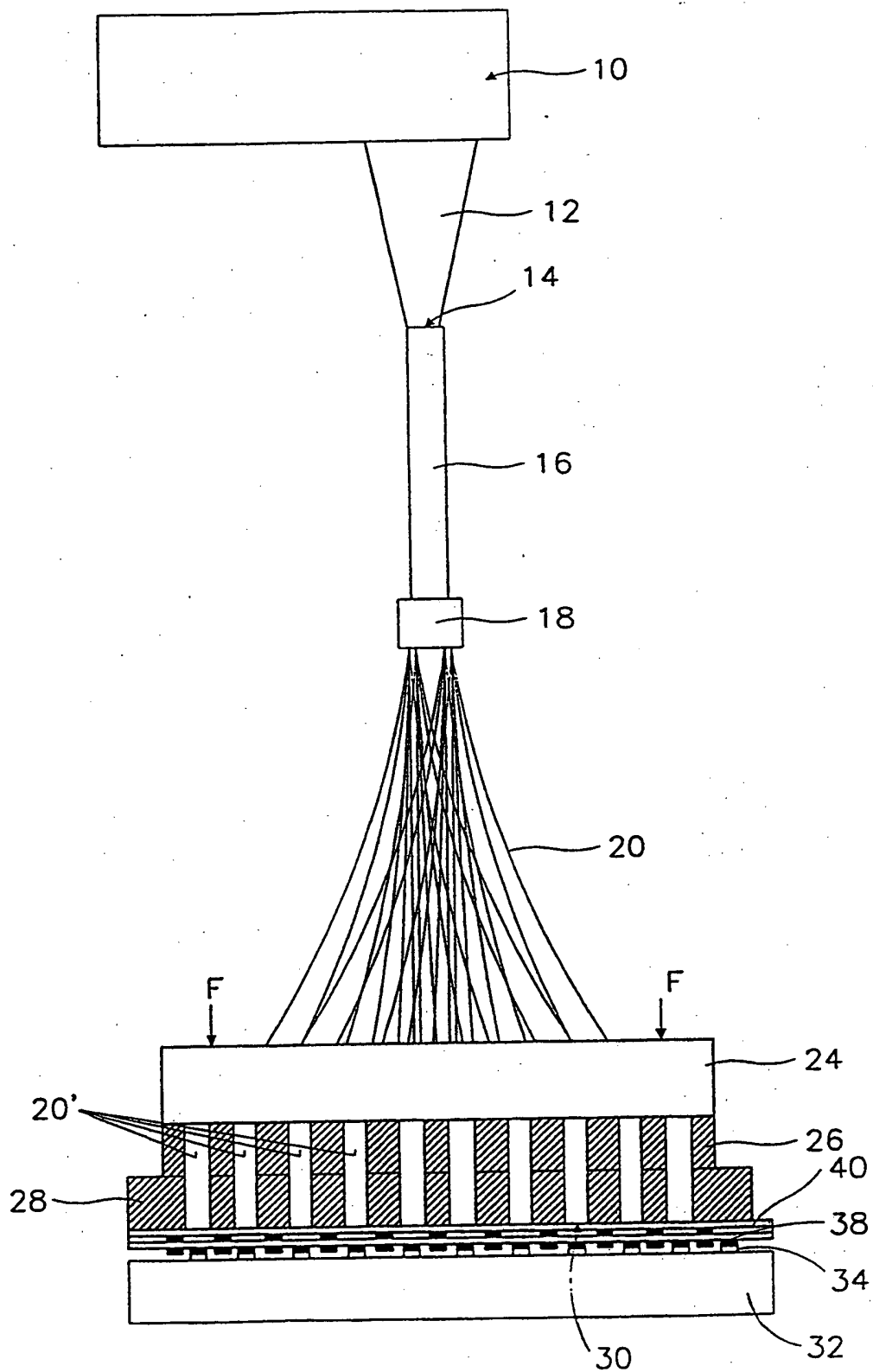


FIG. 2

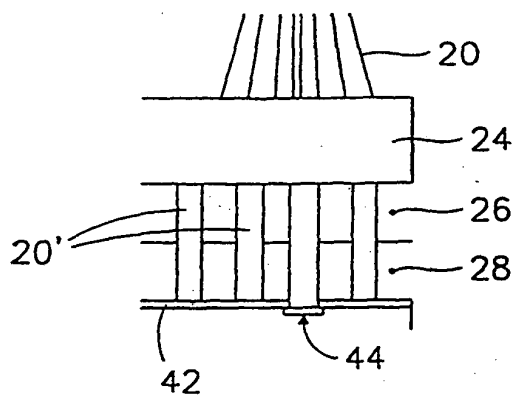


FIG. 3

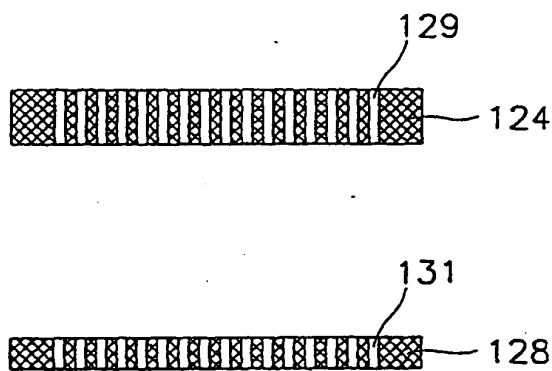


FIG. 4A

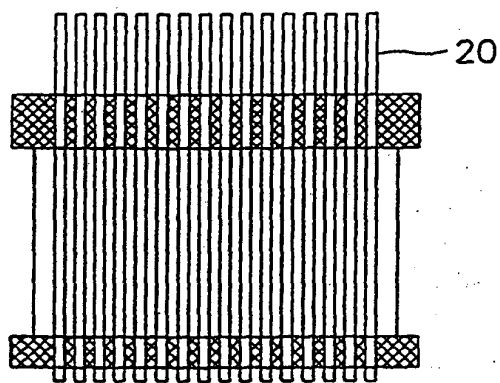


FIG. 4B

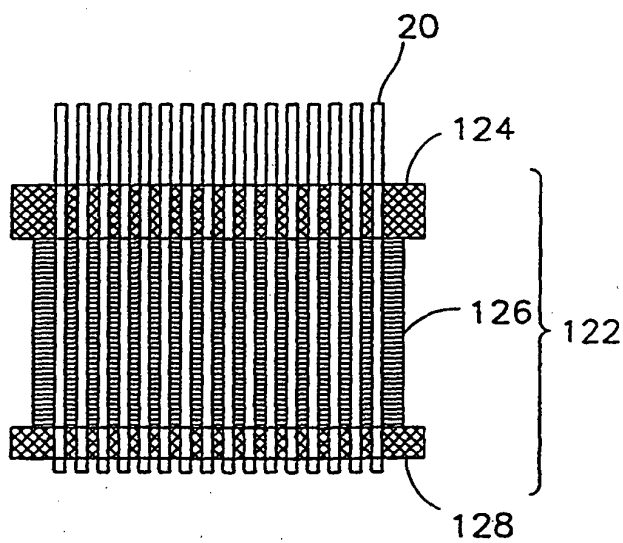


FIG. 4C

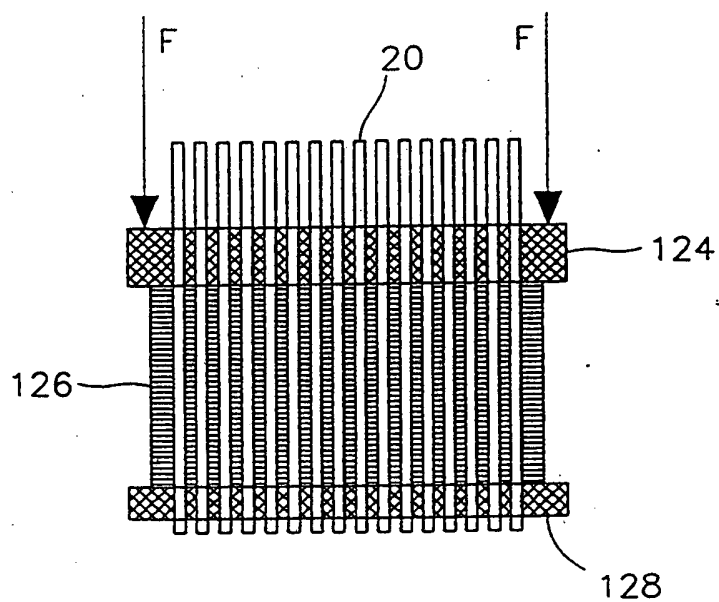


FIG. 5A

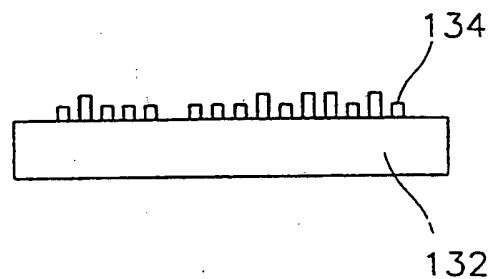


FIG. 5B

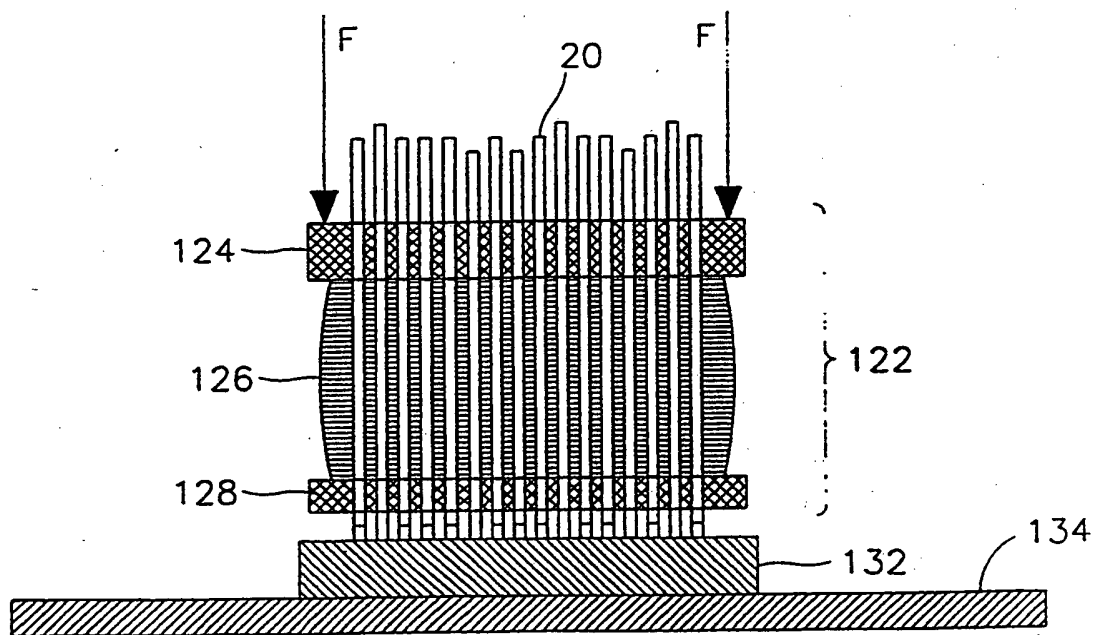


FIG. 5C

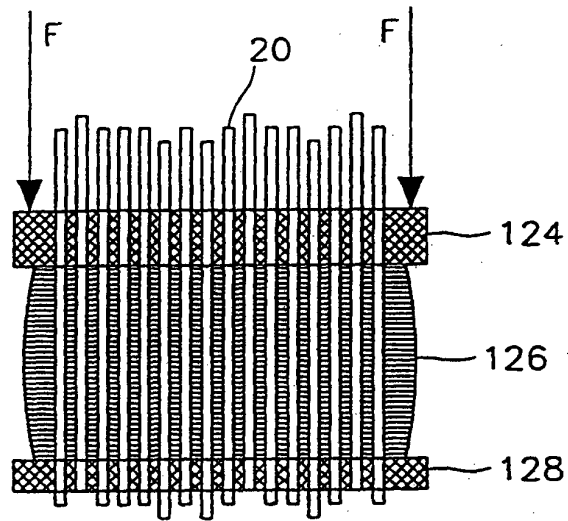


FIG. 5D

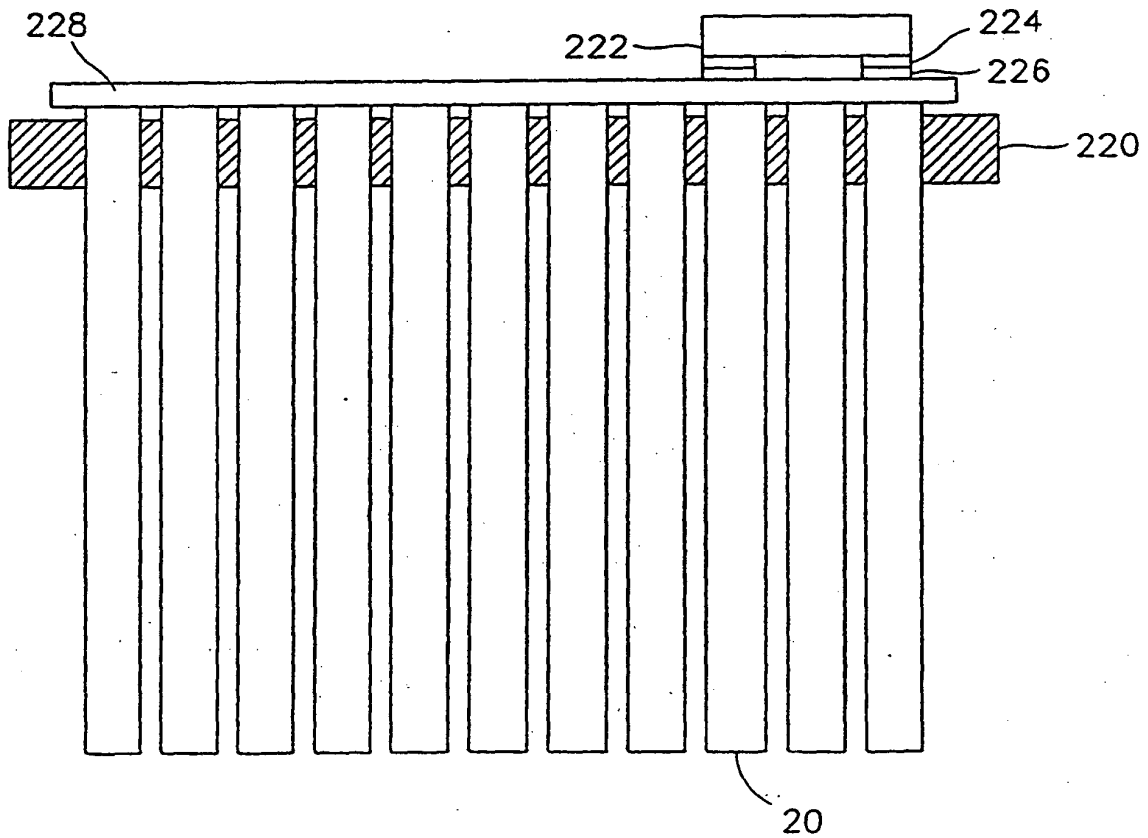


FIG. 7



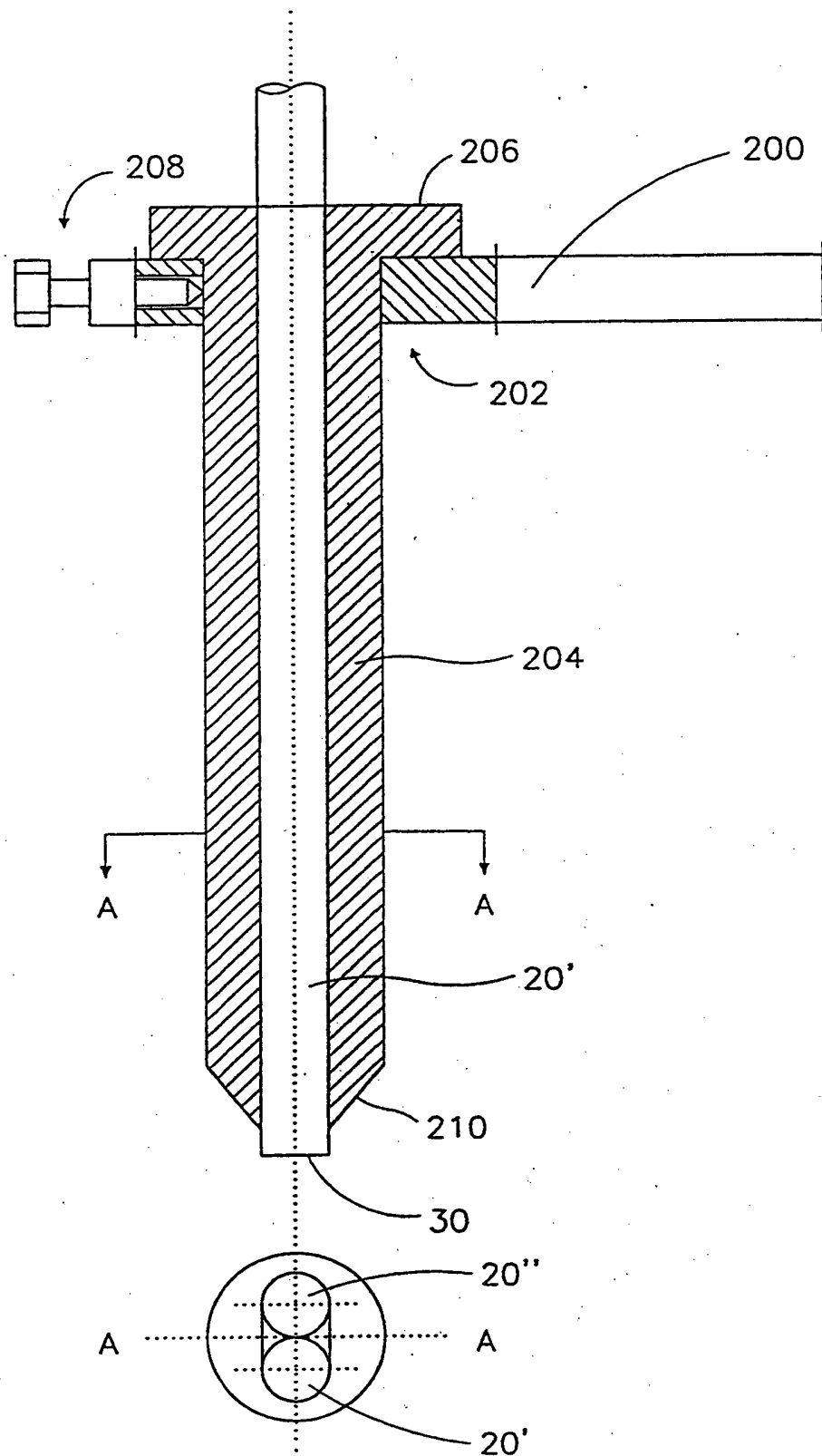


FIG. 6

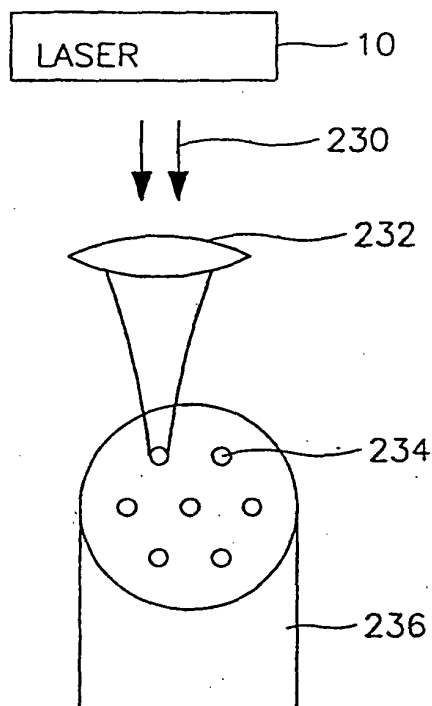


FIG. 8

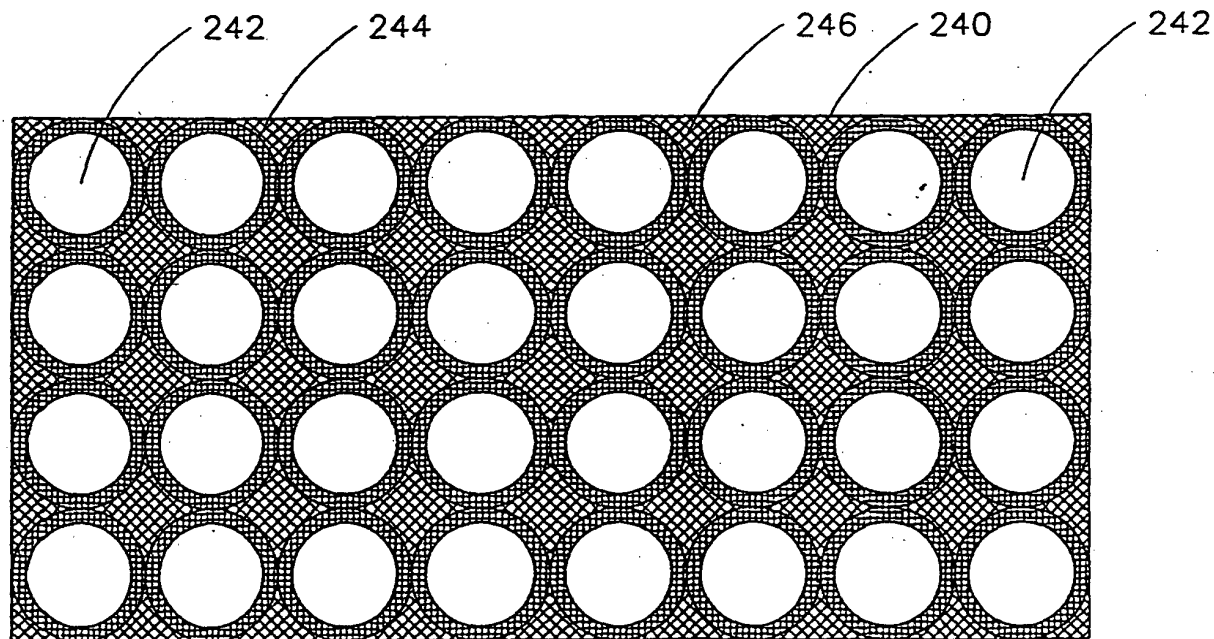


FIG. 9

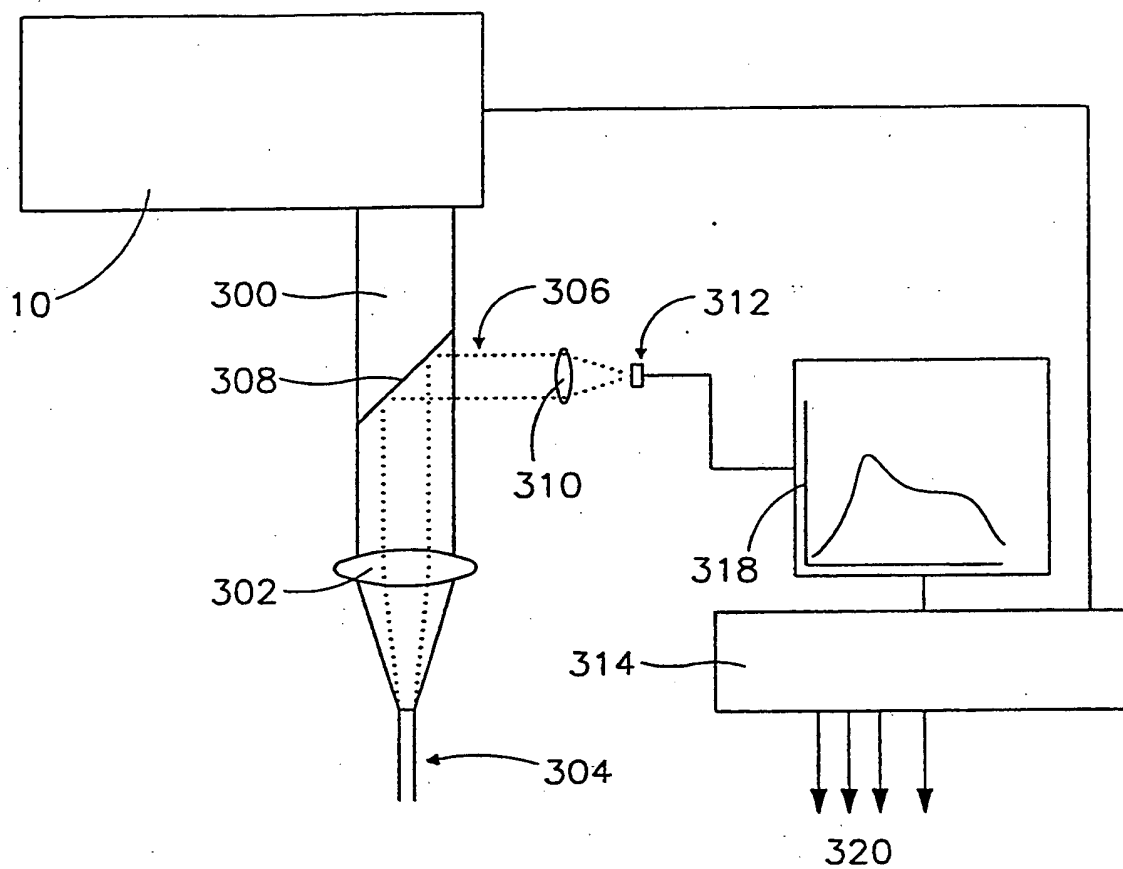


FIG. 10

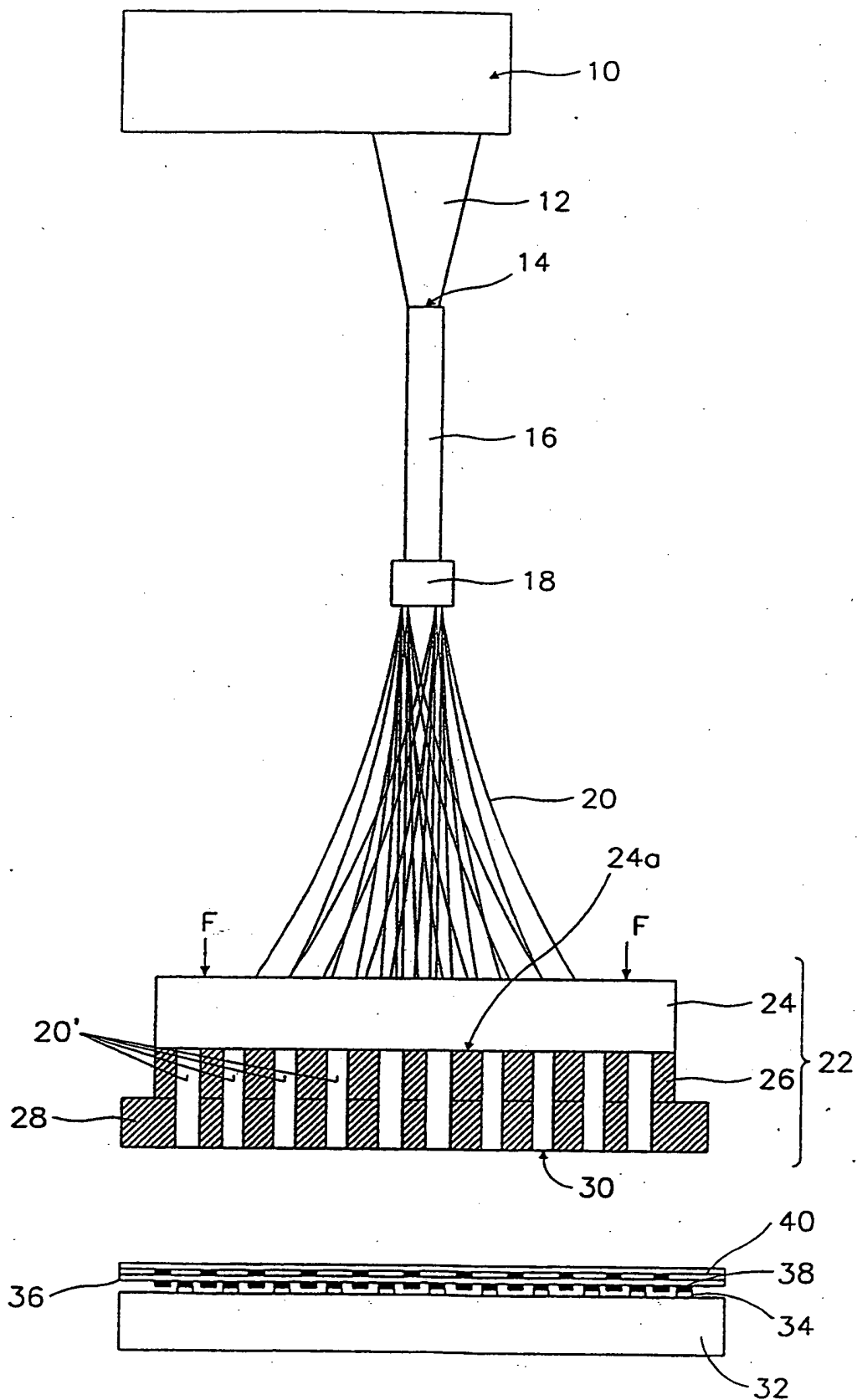


FIG. 1